ELECTRONICA PARA LA DEFENSA

NUEVAS TECNOLOGIAS

BIBLIOTECA DE ELECTRONICA/INFORMATICA




NUEVAS
TECNOLOGIAS
BIBLIOTECA DE ELECTRONICA/INFORMATICA

ELECTRONICA PARA LA DEFENSA



Esta obra es una nueva edición actualizada y ampliada de la obra originalmente publicada por Marcombo, S.A. de Boixareu editores, con el título de «Aplicaciones de la Electrónica»

El contenido de la presente obra ha sido realizado por Marcombo, S.A. de Boixareu editores, bajo la dirección técnica de José Mompin Poblet, director de la revista «Mundo Electrónico»

ISBN 84-7634-485-6 (Obra completa)
ISBN 84-7634-870-3 (Vol. 57)
D. L.: B. 41866-1986

Impreso y encuadernado por
printer industria gráfica, sa c.n. II, cuatro caminos, s/n
08620 sant vicenç dels horts barcelona 1986

Printed in Spain

Electrónica militar

INTRODUCCION

Aunque en ningún caso se pretende dar la imagen de militaristas, hay que reconocer que desde siempre, pero más en los últimos años, la evolución tecnológica ha venido de la mano de la investigación realizada para encontrar nuevas armas para la guerra.



La electrónica y los equipos informáticos que se incluyen en los aviones de combate alcanzan un alto grado de complejidad. (Cortesía: Ferranti).

Las grandes sumas de dinero que cada año los gobiernos del mundo destinan, unos a la investigación y otros a la compra de nuevas armas, ha motivado que muchas empresas puedan llevar a cabo estudios cada vez más sofisticados en el campo de los materiales y de la estructura de los mismos a nivel atómico.

Todo ello genera a la larga, cuando las tecnologías dejan de tener valor militar, productos de consumo masivo y a bajo precio.

La electrónica ha generado lo que se ha dado a llamar la «explosión tecnológica» actual.

Nos vamos a ocupar aquí de dar un ligero repaso a los avances electrónicos en el campo militar, avances que son conocidos y que en el fondo no son más que la punta del iceberg de los procesos actualmente en desarrollo. Quizás en unos años, objetos tales como los dispositivos de visión nocturna sean tan comunes como lo son ya en nuestros días el radar y el sonar, que en su origen fueron dispositivos secretos de aplicación militar.

Gran parte de los equipos que vamos a describir tienen aplicación en las cinco armas del ejército, las fuerzas aéreas, las fuerzas navales, caballería, infantería y artillería.

Por ello vamos a analizar los dispositivos y, además, sus campos de aplicación.



La fabricación de aviones exige completas pruebas en los laboratorios de las compañías.

LOS OJOS ELECTRONICOS DE LOS AVIONES

Hoy en día se están desarrollando radares cada vez más sofisticados, como ejemplo podemos poner el AN/APG-63,

de la Hughes Aircraft, que es capaz de distinguir objetos de dos metros desde una altura de diez kilómetros. Trasladándolo a la visión humana, si ésta fuera tan potente como aquél, un hombre sería capaz de poder distinguir un sello de correos a una distancia de cien metros durante una noche cerrada y además con lluvia torrencial. En la carlinga del avión hay un monitor que muestra al piloto la imagen obtenida por el radar. Estos nuevos desarrollos de radar se basan en el llamado de *visión lateral* (analizado ya en el libro de radar). Otro equipo, basado en el radar de visión lateral, es aquel capaz de suministrar información del terreno a una pantalla a todo color (es capaz de visualizar hasta 4.096 matices), en la que al mismo tiempo se proyecta un mapa cartográfico de la región por la que sobrevuela el avión. Este equipo de visualización es transportado en un camión.



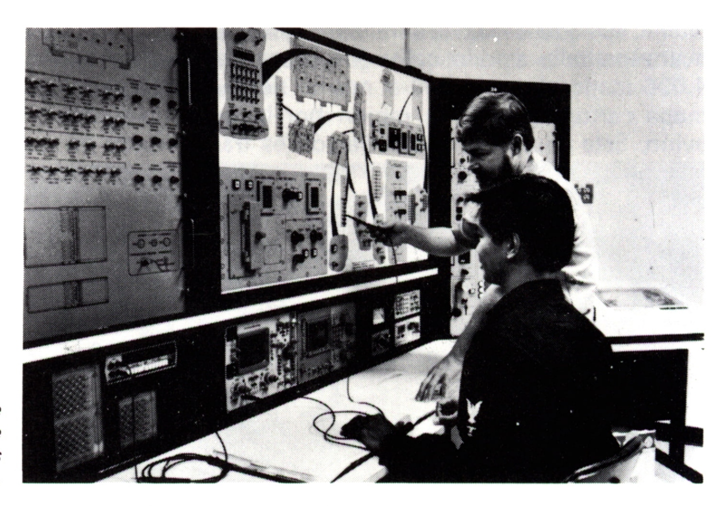
Cabina de un avión. Puede observarse la gran complejidad del instrumental que alberga.

Otra utilización del *Pave Mover*, que es así como se denomina este sofisticado equipo, es la de guiar misiles y aviones tácticos hacia blancos establecidos previamente, siendo el computador terrestre el encargado de suministrar los comandos adecuados.

Los helicópteros han sido también dotados de equipos para «ver» bajo cualquier condición atmosférica meteoroló-

gica, o en condiciones adversas ocasionadas por el enemigo, como podría ser el humo, etc.

La mira electrónica de que están dotados los helicópteros Cobra permite el apoyo a las unidades de tierra durante las veinticuatro horas del día, haciendo posible a los artilleros disparar a través de la oscuridad o del humo con total precisión los misiles anticarro, los cohetes y las ametralladoras.



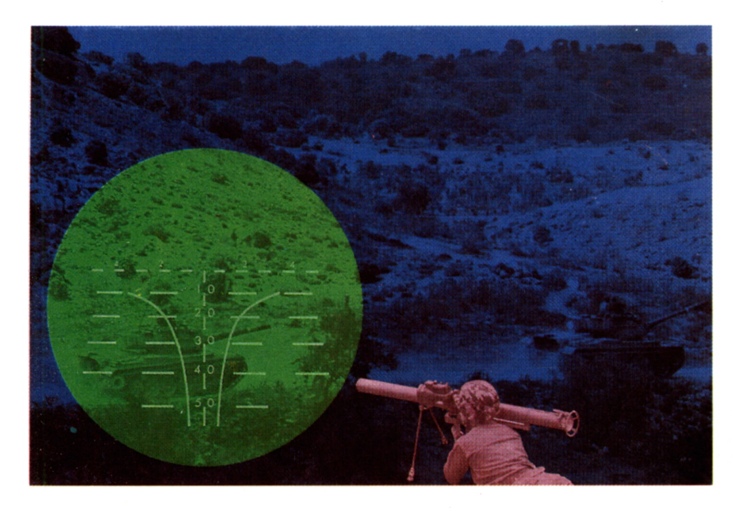
Complejo sistema de entrenador (simulador de vuelo) para futuros técnicos militares.

Hasta ahora hemos dado cuenta de los sistemas de que disponen los aviones para captar a los enemigos, pero estos pueden localizar el avión e intentar destruirlo. Una empresa americana ha desarrollado un chip llamado «Optical Spectrum Analyzer» (IOSA) del tamaño de una pastilla de goma de mascar, que contiene un pequeño láser del tamaño de un grano de sal en una de sus caras. Con él se ha fabricado un dispositivo, el cual hace interactuar la onda óptica del láser con otra acústica procedente de una frecuencia de radio, consiguiéndose separar la señal de radio en cien frecuencias individuales.

Se piensa que este pequeño dispositivo será utilizado para generar una alarma a bordo del avión cuando éste sea detectado por el radar enemigo.

DISPOSITIVOS DE VISION NOCTURNA

Los dispositivos de visión nocturna emplean normalmente los sensores de infrarrojos. Las personas, los barcos, los aviones, los coches, etc., todos ellos disponen de un generador interno de calor. Dicho calor es radiado al exterior en forma de infrarrojos. Por tanto, parece lógico suponer que todos estos objetos o personas, podrían ser localizados por ser fuentes de infrarrojos. Pequeñas plaquitas que contienen miles de diodos detectores de infrarrojos pueden ser exploradas secuencialmente y «traducir» en imágenes lo que éstos han captado.



Dispositivo de visión nocturna adaptado a un lanzagranadas. (Cortesía: Enosa).

Una de las grandes ventajas de los sistemas de infrarrojos es su capacidad para producir imágenes satisfactorias a través del humo o la neblina, así como en la más completa oscuridad.

El visor NOMAD

El visor NOMAD está constituido por un detector piroeléctrico cerámico, que es capaz de medir las variaciones de la radiación infrarroja reflejada por personas o vehículos.

Su margen de detección máxima es de unos cien metros, y

responde a una diferencia de temperatura con respecto al fondo de un grado centígrado. Según la firma que lo fabrica, la probabilidad de localizar un blanco de medio metro cuadrado a una distancia de cien metros es del 95 %.

El conjunto funciona a pilas y pesa alrededor de un kilogramo. Su consumo máximo es de 100 μA.



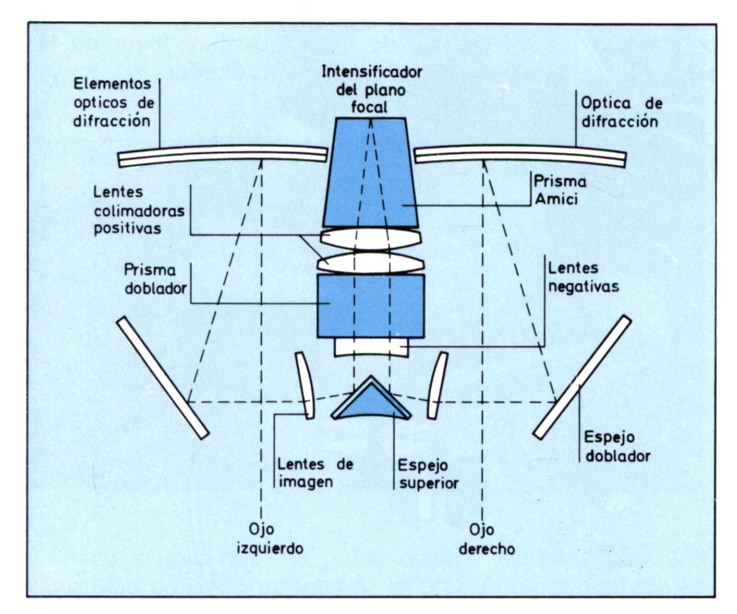
Soldado utilizando las gafas HOT, que permiten una visión nocturna continuada, a pesar de los destellos luminosos.

Las gafas HOT

Mientras que las gafas de visión nocturna se hacen opacas cuando un destello o una luz brillante (la explosión de un

obús, por ejemplo) sobrecarga el intensificador de imagen de infrarrojo, de manera que el usuario queda «momentáneamente ciego», las gafas HOT (*Holographic One-Tube*) permiten continuar viendo la escena al que las lleva.

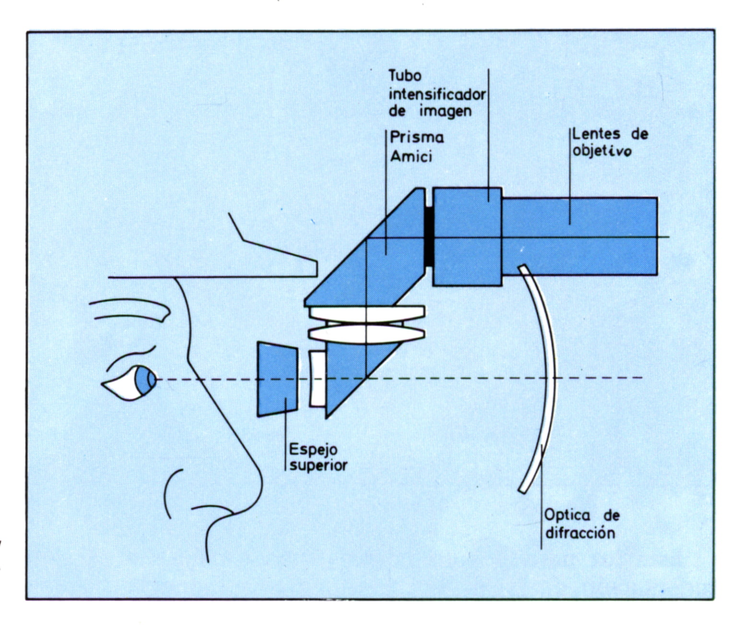
En las gafas HOT la lente del objetivo enfoca la radiación sobre el fotocátodo de un intensificador de imagen de placa microcanal, el cual amplifica la señal y proporciona una salida de luz verde de 543 nm de longitud de onda mediante un fósforo P-43.



Sección transversal y horizontal esquemática, de unas gafas HOT.

Esta luz pasa por un prisma Amici (necesario para la orientación de la imagen y para poder alojar el sistema óptico en el espacio disponible), seguidamente pasa por dos lentes de colimación positiva, por un conjunto de prisma de desviación y lente negativa, por un limitador de apertura y va a parar a un espejo de caras ortogonales (que divide la luz para los dos ojos del usuario) desde el cual pasa por una lente sencilla formadora de imagen, un espejo desviador y a un elemento óptico de difracción (DOE) para alcanzar el ojo del usuario.

Los DOE son producto exclusivo de Hughes Aircraft y proporcionan al observador una visión binocular de la imagen intensificada. Estos nuevos elementos consisten en una película gelatinosa encerrada entre dos placas de vidrio delgadas. Están fabricadas de manera que la estructura molecular de la gelatina se reajusta empleando un formato de interferencia generado con dos láseres. Después de un adecuado proceso, estos elementos tienen una elevada eficiencia de difracción (aproximadamente 85 %) para la luz emitida por el fósforo del intensificador de imagen, y una gran eficiencia de transmisión (aproximadamente 90 %) para todas las longitudes de onda que hay fuera de la estrecha banda espectral del tubo intensificador.



Sección vertical esquemática de las gafas HOT para visión nocturna.

Estos elementos son hologramas o espesas retículas de fase grabadas en gelatina con dicromato, y actúan como espejos de difracción. El formato de retícula es el formato de interferencia de los frentes de onda coherentes que proceden de dos fuentes puntuales. En la fabricación de estos elementos se emplean dos sistemas ópticos independientes

para las dos fuentes puntuales; estos dos sistemas localizan las fuentes cerca de las posiciones de entrada y salida del diafragma, lo cual es característico de las gafas. Estos elementos DOE, son los que permiten a un soldado observar una imagen intensificada superpuesta a objetos suficientemente brillantes para ser vistos directamente.



Ultimas comprobaciones en un buscador de imágenes, fabricado por Hughes Aircraft de EE.UU.

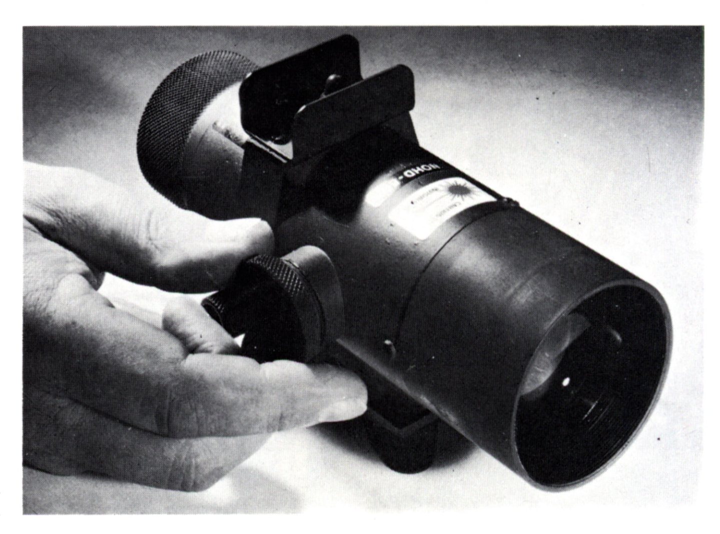
Como quiera que las gafas están diseñadas con una capacidad de «visión a través», es preciso tener cuidado en evitar que escape la luz generada por el intensificador de imagen, ya que esto denunciaría la posición del usuario. Las bandas laterales roja y azul ya son filtradas por la salida del fósforo P-43 del tubo, y cualquier luz verde detectable que pueda fugarse está atenuada por las ventanas laterales y por la difracción creada en los DOE.

En las gafas HOT hay incorporado un diodo emisor de infrarrojos que permite a su portador cargar un rifle, consultar un mapa o realizar cualquier otra operación similar sin emitir ninguna luz visible. Este diodo emisor está montado entre las dos lentes frontales, con un interruptor de paro/marcha junto a la lente de la izquierda. Las gafas

también contienen un mando de regulación para controlar el brillo de la imagen intensificada.

Buscador de infrarrojos

En diciembre de 1979, la Hughes Aircraft demostró con éxito un buscador de plano focal sensible al infrarrojo como sistema de guiado automático de misiles. Es el primer sistema capaz de proporcionar una imagen de una escena en exteriores empleando el calor irradiado por objetos.



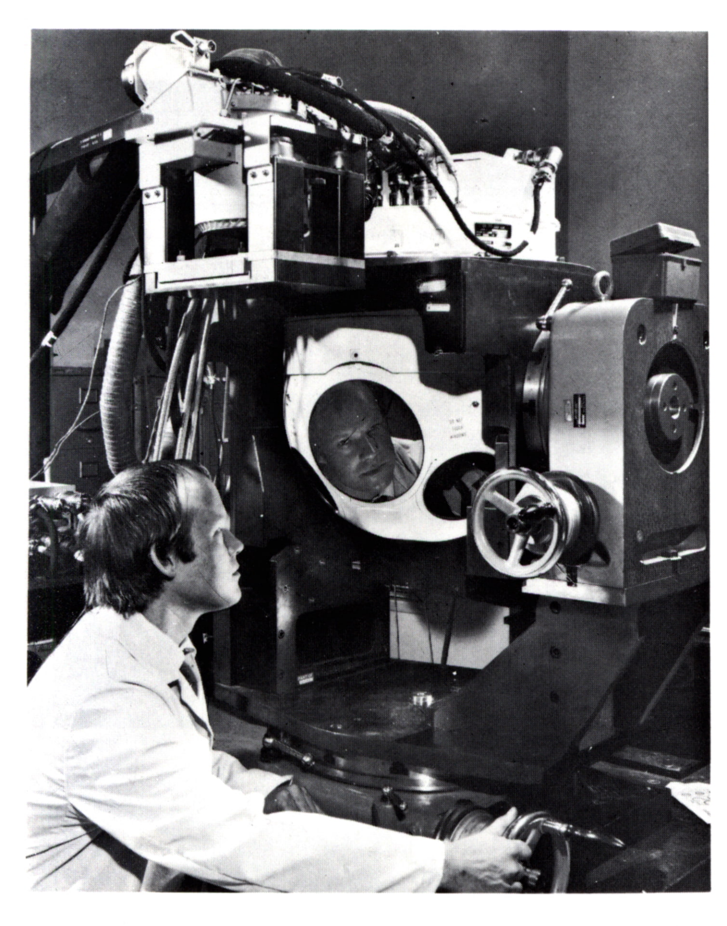
Iluminador de infrarrojos, modelo RT 5A, de ITT.

El detector de infrarrojos del buscador es de cinco milímetros de diámetro, y contiene en esa superficie mil detectores de infrarrojos en una cara y en la otra un número correspondiente de diminutos elementos de procesadores de señal.

Estos elementos son dispositivos de acoplo de carga (CCD) que combinan funciones de memoria y de lectura multiplexada.

El CCD almacena las señales procedentes de los elementos detectores, y los pasa en serie a la circuitería procesadora de video del buscador.

La característica más importante de este dispositivo es el montaje de los detectores y los CCD en el mismo chip, con lo que el conexionado queda reducido de manera drástica.



Sensor de infrarrojos para el rastreo de misiles en la atmósfera.

El buscador se conoce con el nombre de «vista fija», ya que permite ver toda la escena a la vez dentro del campo de acción, a diferencia de los convencionales que exploran mecánicamente una escena mediante unos espejos oscilantes o rotativos. Esto permitirá en el futuro el desarrollo de pequeños misiles del tipo «disparar y olvidar» portátiles, que

pueden ser manejados por un hombre tanto para operaciones diurnas como nocturnas.

Se les denomina de «disparar y olvidar» porque basta con apuntar al blanco y disparar para que el misil, siguiendo la imagen térmica del objeto, lo alcance.



Sistema explorador de blancos de la firma Harris, situado en el interior de un carro blindado.

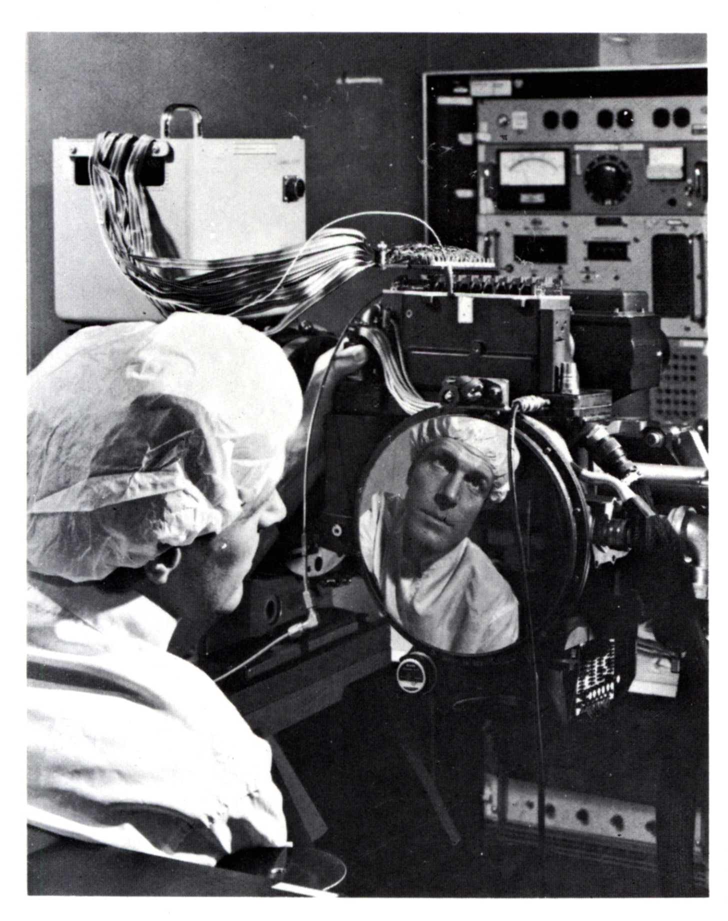
Rastreo de misiles

Los sensores de infrarrojos también son importantes para la detección y rastreo de misiles balísticos. A finales de 1979 se realizó el primer vuelo de ensayo de un sistema sensor de infrarrojo diseñado para rastrear misiles balísticos; se lanzó a la parte superior de la atmósfera y rastreó con todo éxito un blanco lanzado desde la base de la Fuerza Aérea en Vandenberg, California. El vehículo que transportaba el sensor fue lanzado a una considerable distancia desde el Atolón Kwajalein, situado en el oeste del Océano Pacífico, y se recuperó más tarde una vez cumplida su misión, después

de haber descendido con paracaídas sobre el agua. Este sensor Hughes se ha desarrollado bajo contrato por Boeing Aerospace Co. de Seattle, que es el principal contratista del programa del Seguidor Optico Designador del Ejército de Estados Unidos.

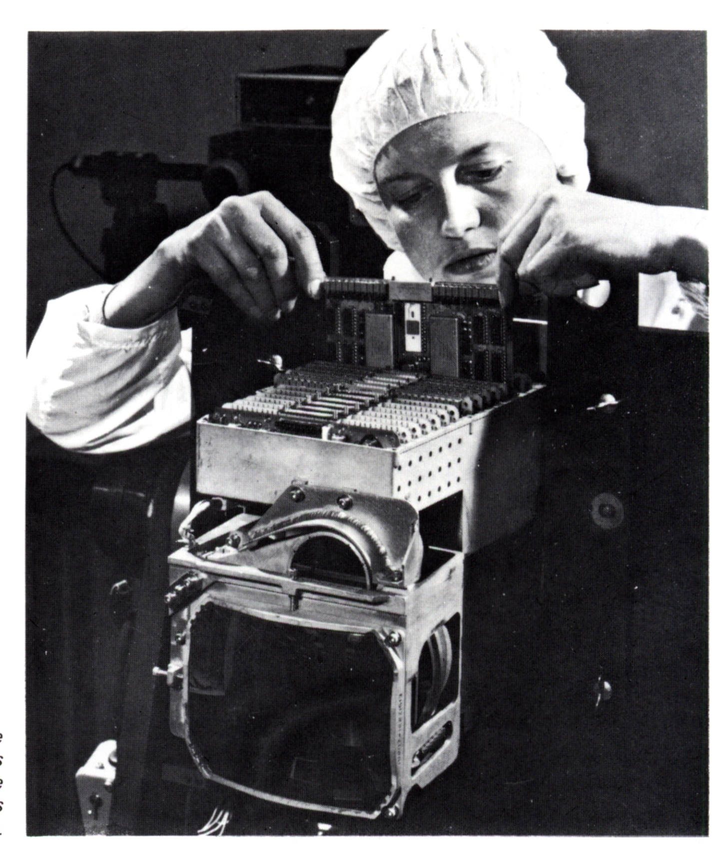
Sistema TRAM

El avión interceptor 6E, de la Marina de los Estados Unidos, está equipado con sensores de infrarrojos de visión frontal que le permiten localizar y atacar blancos de día y de



El sistema TRAM de un avión A-6-E desmontado para su comprobación.

noche independientemente de si alrededor del blanco o del avión hay humo, neblina o nubes. Este multisensor de reconocimiento y ataque de blanco se conoce con las siglas TRAM (*Target Recognition and Attack Multisensor*).



Comprobación visual de un conjunto de tarjetas para un sistema de formación de imágenes térmicas.

El TRAM es un sistema de láser e infrarrojo combinados, alojado en una torreta situada debajo del morro del avión, que puede proporcionar con gran precisión el guiado de armas dirigidas con láser, o convencionales, o una mezcla de ambas.

La Hughes Aircraft está fabricando los sistemas TRAM para la Marina de los Estados Unidos.

LASER EN LA GUERRA

En otro libro se ha explicado específicamente el funcionamiento y principios del láser. Desde 1960, fecha en que Maiman obtuvo por primera vez una radiación láser, se le empezaron a buscar aplicaciones en todos los campos, incluyendo el área militar.

La primera aplicación se llevó a cabo en el campo de la telemetría (medición de distancias), campo en el que ya en 1961 había un prototipo funcionando. Como ya sabemos, los primeros dispositivos láser necesitaban de una gran cantidad de energía para poder funcionar correctamente por lo que su aplicación militar no llega hasta 1970, cuando se habían conseguido equipos láser de pequeño tamaño y poco peso, lo que facilitaba su uso para la medición de distancias en el cálculo de tiro.



Visor a distancia, aprovechando las posibilidades que brindan los rayos láser. (Cortesía: Dto. de Información de la Embajada Británica).

La principal ventaja con la que cuenta el láser en telemetría, frente a los sistemas ópticos que se empleaban anteriormente, está en su alcance, elevada precisión y medición instantánea.

El fundamento sobre el que se basa la medición de distancias en el láser es análogo al utilizado en el caso del radar. Es decir, se emite un impulso de corta duración que pone en marcha un temporizador. La señal reflejada por el blanco es captada y amplificada por el receptor, que para el temporizador. Se ha transformado así la distancia en tiempo, y sabiendo el tiempo invertido se conoce la distancia.



El aspecto exterior de un diodo luminiscente (LED) que emite en la banda de los infrarrojos.

Normalmente, para dirigir la radiación láser al blanco se utiliza un visor óptico que ayuda a apuntar al telémetro.

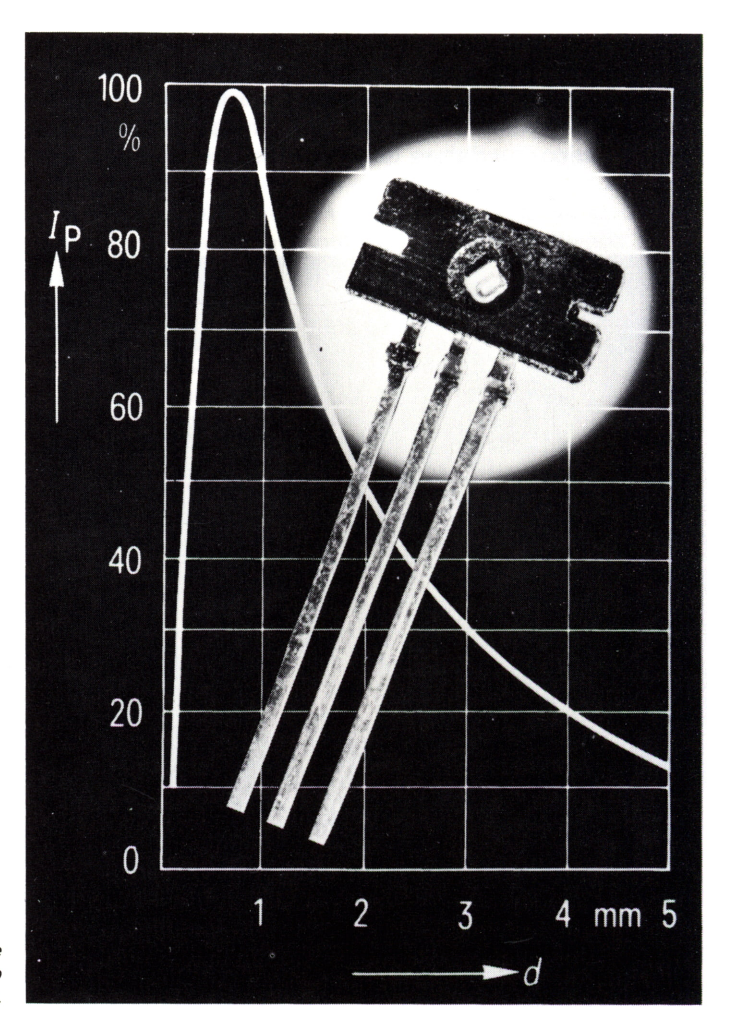
El emisor láser actualmente utilizado está compuesto de una varilla de YAG-NEODIMIO, y las lámparas flash para el bombeo óptico son de gas, que normalmente suele ser neón o cripton.



Fotografía que muestra la reflexión del láser sobre un visor de protección.

Para obtener alcances elevados es necesario que la divergencia del haz sea muy estrecha, condición que no es normalmente cumplida por estos dispositivos. Por ello se hace necesario el uso del sistema óptico que reduce la apertura del haz.

Mientras que en el caso de la medición de distancias en las aplicaciones civiles se pueden utilizar retrorreflectores, esto no es así en el caso militar. Los objetos de los cuales se quiere conocer la distancia a la que se hallan (carros de combate, etc.) en el caso militar, suelen ser muy desfavorables en cuanto a la reflexión en los mismos de la radiación láser. Aun así, con los más modernos equipos se pueden conseguir alcances de hasta diez kilómetros para blancos de superficie pequeña y hasta veinte para grandes superficies.



Uno de los receptores de infrarrojos más utilizado es el fototransistor.

La recepción del impulso reflejado será tanto mejor cuanto mayor sea la superficie del receptor. Pero, por razones de peso y volumen, no es posible obtener superficies de recepción de diámetro superior a siete centímetros.

Existe otro factor muy importante que afecta a la superficie de recepción: el ruido de fondo debido a la radiación solar. Aun así, es obligado que la superficie del receptor sea

bastante mayor que la del emisor. El problema de la radiación solar se palia en gran parte mediante el uso de filtros interferenciales centrados a la longitud de onda de emisión y con una banda de paso muy estrecha.



Sistemas electrónicos a bordo de un avión militar de reconocimiento.

La señal procedente del detector es amplificada y llevada a un comparador. Este dispone de una señal umbral. Si la señal que proviene del amplificador supera a la umbral se considera que hay detección y, por tanto, el contador temporal se parará.

Hay telémetros preparados para medir distancias de varios objetos al mismo tiempo. Simplemente se van almacenando los registros obtenidos de los distintos ecos y se visualizan posteriormente.

La aplicación más espectacular en la telemetría láser quizá sea en el problema del tiro antiaéreo. Para lograr un blanco sobre un avión en movimiento es necesario introducir en el arma los datos de azimut, elevación y distancia correspondientes a la posición futura del avión. Esto es, conseguir una trayectoria de tiro que intersecte con la del avión en el momento justo del impacto.

La función de seguimiento automático del blanco y la

medición de distancia y velocidad radial, han sido frecuentemente realizadas mediante equipos de radar. Pero esta solución resulta excesivamente cara para una sola pieza, por lo cual va siendo desechada. Los avances en optoelectrónica y en láser han permitido tener unidades autónomas de bajo coste, enormemente adaptadas a los cañones antiaéreos.

Mientras que para los sistemas ópticos de recepción y detección son válidas las explicaciones anteriores, para la medición de distancias en los circuitos de medición se presentan bastante diferencias. En efecto, el sistema requiere el cálculo de la velocidad radial del blanco, lo cual se realiza a partir de las informaciones de distancia obtenidas con pulsos sucesivos; por otra parte, al disponer de la citada velocidad, resulta fácil generar una ventana de seguimiento en distancia con las consiguientes ventajas de extrapolación del movimiento y supresión de ecos parásitos. Estas soluciones implican una mayor complejidad en la circuitería, si bien el principio de la medida es el mismo que se utiliza para los telémetros no pulsados.



Los misiles se acoplan bajo las alas de los aviones, aprovechando al máximo el espacio disponible.

Guiado de misiles

Los principios utilizados en el guiado de misiles con láser son:

a) La designación de objetivos.

b) El guiado por haz.

En el primer caso, el blanco es iluminado por un láser, es decir, recibe el haz estrecho procedente de un designador láser, permaneciendo en estas condiciones durante todo el tiempo en que esté activado el equipo iluminador.



El entrenamiento de los pilotos militares es fundamental para llegar a un perfecto dominio de todos los instrumentos de vuelo, así como el armamento que posteriormente equipará al avión.

La radiación láser retrodifundida por el blanco puede ser captada por:

— Un equipo de detección a bordo de un avión que indica al piloto la situación del blanco (designación de objetivos a la aviación táctica).

— Un autodirector situado en la cabeza de un misil que permite su guía sobre el blanco iluminado (guiado de bombas y misiles).

En el guiado por haz se emplea también un láser dirigido sobre un blanco, pero el principio utilizado es diferente al indicado en la designación de objetivos, ya que consiste en mantener al misil sobre el eje del haz, llevando para este fin una serie de detectores en su parte posterior. El haz láser está dotado de una modulación espacial adecuada para que el misil, mediante el tratamiento de la señal detectada, pueda deducir su desvío con relación al eje del haz. A partir de esta

información, el misil elabora las órdenes de gobierno que modifican su trayectoria de forma que se anule el citado desvío.



Reparación de un láser óptico.

Con objeto de que los proyectiles o misiles puedan distinguir entre varios blancos iluminados y para disminuir las posibilidades de contramedidas, los iluminadores están dotados de varios códigos de posición de impulsos.

En el caso de guiado de proyectiles, el designador debe

transmitir a la línea de piezas la situación del blanco y el código empleado. La primera información permite apuntar el cañón, mientras que la segunda información debe ser introducida en el proyectil.

Armas láser

El principio sobre el que se basarán las futuras armas láser será el de concentrar una gran cantidad de energía en un haz



Simulador operacional de vuelo, diseñado para el Ejército del Aire Español como parte del programa de entrenamiento de pilotos en el avión CASA-101. (Cortesía: Ceselsa).

láser. La gran ventaja de este arma sería su instantaneidad, es decir, el blanco no podría moverse entre el tiempo de emisión y el de impacto, ya que la energía del láser viaja a la velocidad de la luz. El principal problema de este arma estriba en la obtención de la energía láser necesaria para destruir el blanco, ya que el rendimiento actual de los láser es muy bajo. Otra dificultad estriba en la localización del haz sobre el blanco.

Aunque en los Estados Unidos y en la URSS se están llevando a cabo experimentos que conduzcan a la obtención de dicha arma, los resultados no han sido divulgados debido a que son considerados de alto secreto, tal como sucede con la mayor parte del armamento moderno.



Fotografía del HIRE, que puede ser montado en los sistemas de control de tiro de tanques o vehículos armados, así como helicópteros, etc.

Espoletas de proximidad

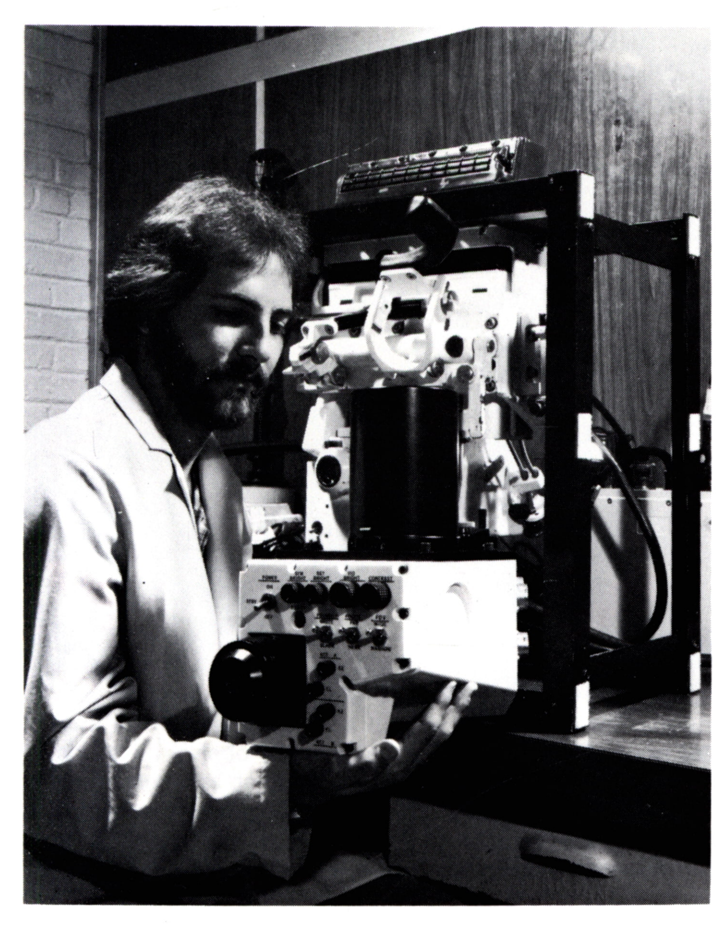
Una de las aplicaciones típicas del láser es como sensor de proximidad. La espoleta, situada en la parte anterior, genera una serie de rayos láser de manera que cubran todo el área que envuelve la zona explosiva. Cuando un objeto intercepta uno de esos rayos, un receptor hace estallar la carga explosiva.

Para evitar la explosión fortuita o por contramedida del enemigo, se utiliza una codificación en la emisión de los rayos láser en la espoleta. Su utilización más extendida es en los misiles tierra-aire.

Protección contra la luz láser

Un rayo láser potencialmente cegador puede ser lanzado contra el enemigo para prevenir sus ataques. Por ello las grandes empresas han iniciado investigaciones para obtener protectores contra estos rayos.

Una de ellas, la Hughes Aircraft Company, ha desarrollado técnicas especializadas de difracción óptica, las cuales han desembocado en un visor capaz de reflejar las longitudes de onda de luz usada en láser sin reducir apenas la visibilidad.

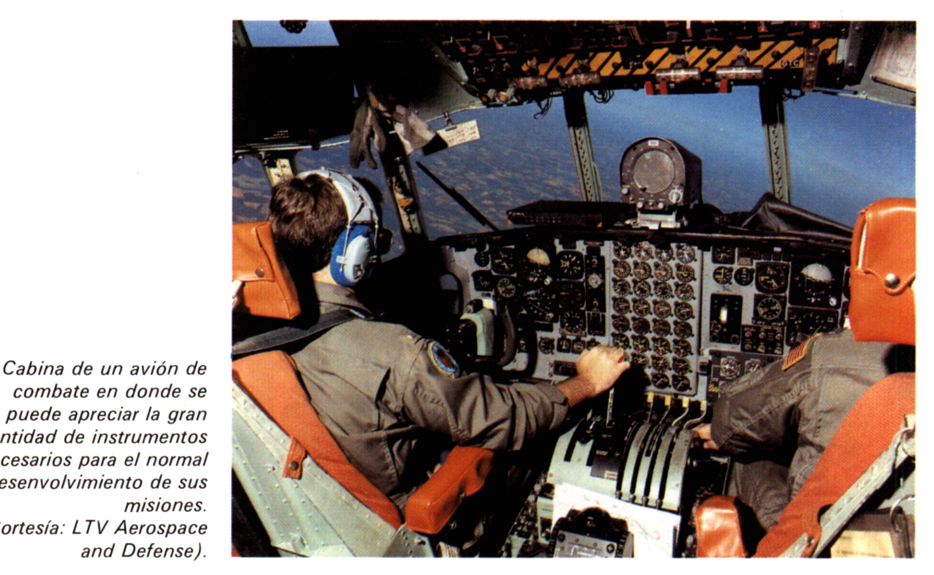


Láser óptico adaptado en vehículos de tierra.

El creciente uso del láser en distintas aplicaciones, tales como comunicaciones, medidas de alcance identificación de objetivos y pilotaje, ha hecho que aumentara la demanda de estos protectores para los ojos, que evitan la pérdida de la visión natural.

El visor experimental fue desarrollado por la Hughes´ Radar Systems Group, empresa situada en California, bajo el contrato del Centro del Desarrollo Naval de EE.UU.

El visor está diseñado para sustituir los dispositivos actuales, que se basan en la utilización de filtros coloreados para absorber los rayos láser, sobre todo aquellos hechos de cristales oscuros que reducen la intensidad del brillo de la luz solar. Los filtros, sin embargo, además de reducir la visibilidad, pueden causar una decoloración que puede confundir al que lo utiliza.



Cabina de un avión de combate en donde se puede apreciar la gran cantidad de instrumentos necesarios para el normal desenvolvimiento de sus misiones. (Cortesía: LTV Aerospace and Defense).

De la noche al día

Otro de los ingenios de la última generación son los llamados proyectores terminales de imágenes, que son capaces de transformar la noche en día, y que se utilizan en los tanques y en otros vehículos de combate.

El proyecto, llamado Hughes Infrared Equipment (HIRE), puede ser «adaptado» para ver con periscopios, para hacer posible que los artilleros de los tanques puedan localizar los blancos a través de la oscuridad, el humo de un campo de batalla o neblina. Este equipo puede ser montado en el sistema de control de tiro por láser de tanques, como iluminador en vehículos armados, para los antiaéreos, barcos, e incluso se pueden montar en helicópteros.

El nuevo tanque MI ABRAMS de la Armada de los Estados Unidos ya dispone de este sofisticado instrumento.



Terminal JTDIS para aplicaciones navales. (Cortesía: Singer Kearfort).

LA ELECTRONICA DE GUERRA EN LOS BUQUES

Los ingenios electrónicos específicos para buques de guerra no existen, al menos que se sepa. Pero en ningún caso se ha dejado de lado su investigación. Dos de los grandes sistemas de defensa y de ataque de buques, el radar y el sonar, han sido perfeccionados hasta límites inimaginables hace apenas diez años.

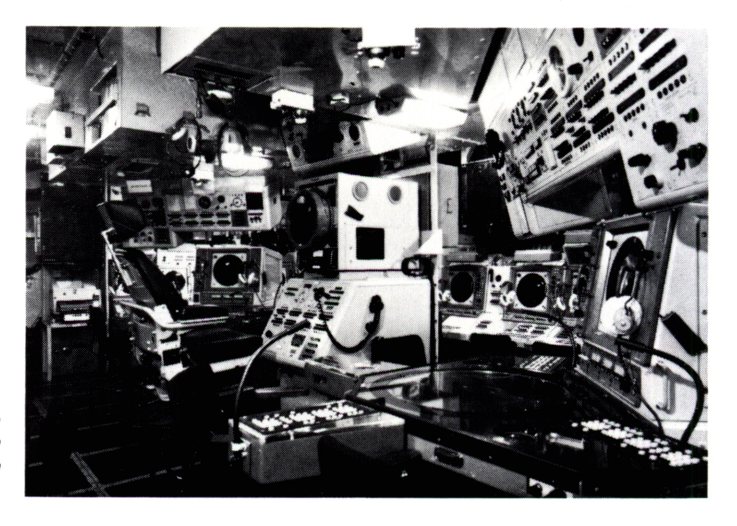
El radar enemigo es capaz de detectar un blanco en el mar de manera relativamente fácil, debido principalmente a la

falta de obstáculos naturales que impiden el ocultamiento de los buques. Por ello se ha investigado sobre el enmascaramiento de los mismos mediante técnicas electrónicas.

Hay fundamentalmente dos sistemas de enmascaramiento: el primero se basa en contramedidas de tipo pasivo, que abarca la escucha en la zona de frecuencias utilizadas por el radar, de manera que se puede detectar al enemigo antes de que éste nos localice; el segundo sistema es el activo, que consiste en distorsionar la imagen radar que recibe nuestro potencial enemigo.

Esto puede conseguirse mediante técnicas puramente electrónicas, o bien mediante el lanzamiento al aire de polvo de partículas que reflejan de tal manera el haz del radar que éste se desengancha del buque.

Tanto en un caso como en otro lo importante es la imagen radar que produce nuestro buque, ya que es de esta magnitud de la que dependen los equipos de enmascaramiento.



Aspecto interno de la sala de operaciones de un destructor equipado con misiles dirigidos.

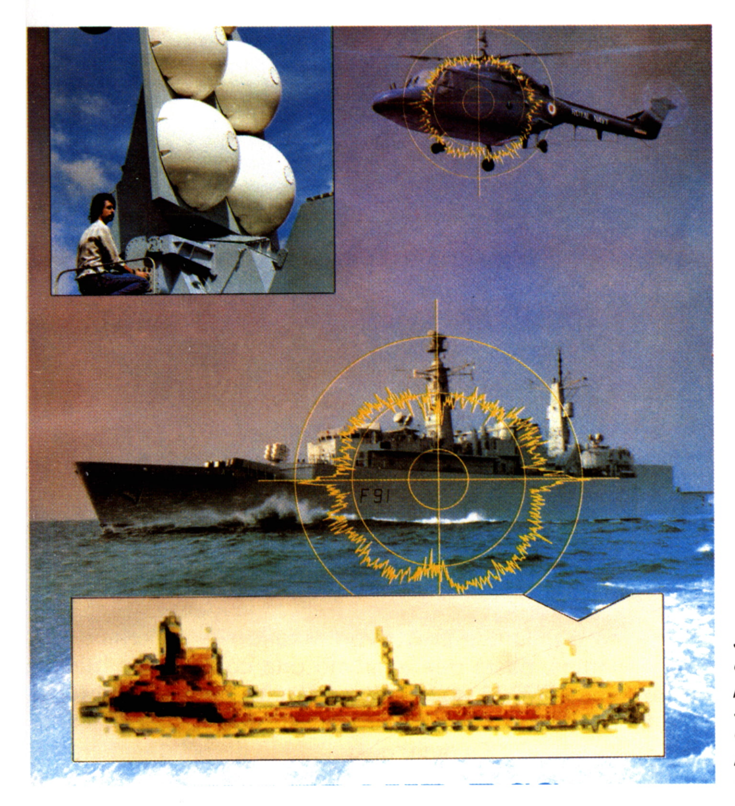
Las tres técnicas capaces de conseguir reducir la imagen radar de un buque son: su forma exterior, la utilización de materiales absorbentes al radar y la carga reactiva.

La reflexión radar sobre una superficie será menor (al aumentar la frecuencia) cuanto más puntiaguda sea la forma

en la dirección del radar. La esfera cónica es la forma que mejor se adapta a presentar la mínima superficie radar.

En un buque hay que distinguir dos partes bien diferenciadas. La primera sería el casco, cuya estructura ya se asemeja bastante a una esfera cónica flotante en el mar si se mira desde la proa con variaciones angulares de $\pm 45^{\circ}$, por lo que su aportación es muy pequeña. La segunda es la superestructura, que a simple vista se ve que no se asemeja en nada a la esfera cónica, en cambio sí que facilita las reflexiones radar en gran manera. La forma óptima sería, vista en planta, una forma con la mayor cantidad posible de bordes.

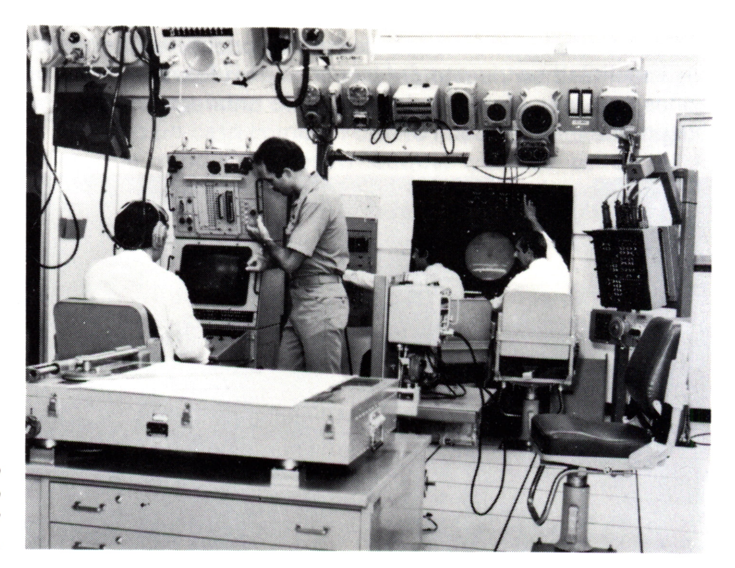
Como conseguir este tipo de formas puede resultar caro, los israelitas han puesto énfasis en el recubrimiento de las zonas que más afecten a la superficie radar con materiales absorbentes al mismo.



Sistemas detectores de objetivos militares, con posibilidad de conocer sus puntos vitales para centrar en ellos el objetivo principal.
(Cortesía: Plessey).

Muchos de los materiales absorbentes ejercen su función de dos maneras: absorbiendo parte de las ondas y redireccionando las ondas reflejadas. El material ideal no se ha descubierto, pero sí hay pinturas que disminuyen la superficie visible al radar.

La carga reactiva consiste en colocar sobre la superficie del buque una serie de impedancias distribuidas o concentradas. Pero el problema no tiene una solución genérica, y debe hacerse en cada caso particular un estudio detallado.



Centro de entrenamiento para un moderno barco de patrulla preparado para lanzar misiles.

La importancia de lo anterior quedó reflejada en la Guerra de las Malvinas.

El día cuatro de mayo de 1982 el Sheffield estaba patrullando entre la costa argentina y las Islas Malvinas, cuando detectó un débil eco en su radar. Podía ser un avión enemigo, uno propio, o... nada. Repentinamente desapareció. Varios tripulantes estuvieron mirando la superficie del mar, vigilantes, hasta que apareció una columna de humo: era un *Exocet* (misil que viaja a unos tres metros sobre la superficie del mar a una velocidad casi supersónica y de alto poder destructivo). Su radar de guiado lo dirigía directamente hacia el buque británico. Cuatro segundos después de su

avistamiento impactaba en el buque, y lo inutilizaba de tal manera que tuvo que ser hundido con cargas explosivas seis días después.

Pero no sólo fue el Sheffield quien sufrió en su propio casco los efectos de un *Exocet*, también todo un portaviones como el Hermes era dañado por otros dos de estos ingenios. Los ecos radar habían dirigido las armas a su blanco con toda precisión.

CRIPTOLOGIA

Desde los albores de la civilización se han estado utilizando sistemas criptográficos para comunicaciones secretas, y el primero conocido en la historia es el utilizado por los espartanos para la transmisión de mensajes entre sus unidades militares.



Una perfecta coordinación entre las fuerzas armadas correspondientes a los Ejércitos de Tierra, Mar y Aire resultaría inútil de no existir unas buenas comunicaciones entre todos ellos desde el puesto de mando.

La criptología ha tenido y tiene una importancia decisiva en la adopción de decisiones políticas y militares, y para conocer la situación logística y los planes operacionales del enemigo. En épocas pasadas la criptología utilizaba elemen-

tos mecánicos o electromecánicos. Desde finales de los años 60, coincidiendo con el «boom» de la electrónica, se han construido máquinas que compaginan el hardward y el software para el cifrado de mensajes. El hermetismo de un sistema de cifrado reside en el grado de dificultad de obtener la clave a partir de un texto cifrado, o a partir de éste y de parte de un texto claro, de forma que el tiempo necesario para descifrar la clave sea muy superior al de su validez. Los



Criptología. Transmisor de HF.

sistemas criptográficos se suelen dividir en dos grandes grupos:

— Cifrado a bloques.
— Cifrado continuo.



Transmisor de alta frecuencia para vehículos militares.

En un cifrado a bloques la transformación que efectúa propiamente el cifrado es permanente, mientras que en el cifrado continuo la transformación, y por tanto la clave, difiere de unos bloques a otros.

Este cambio de transformación es gobernado por una secuencia de claves, que requiere un sincronismo estricto entre cifrado y descifrado.

El tamaño de bloques de los cifrados continuos suele ser menor que los cifradores a bloques, y la fortaleza del cifrado depende fundamentalmente del generador de claves secuencial. En los cifradores de bloques la fortaleza radica en la transformación. La elección entre los dos sistemas se basa en el equilibrio entre la fortaleza del cifrado y la complejidad en el diseño y funcionamiento del equipo. En general, los sistemas criptográficos contienen uno o varios de los métodos siguientes:



Transceptor AN/PRC 77. Un equipo básico para secrafonía analógica y digital.

— Métodos de transposición.
— Métodos de sustitución.
— Métodos algebraicos.

Los métodos de transposición consisten en la reordenación de los caracteres de un texto, por lo que los caracteres se mantienen pero cambian de posición.

Los métodos de sustitución consisten en cambiar los caracteres de un texto por los de otro alfabeto. En este caso, los caracteres mantienen su posición en el texto pero pierden su identidad.

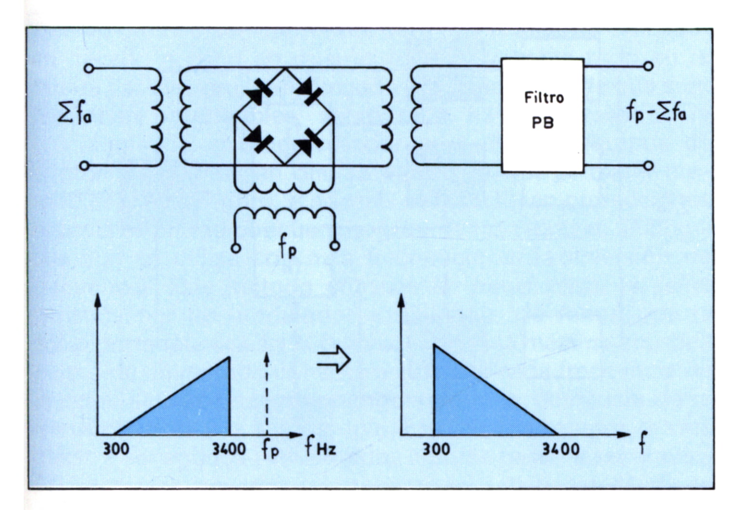
Los métodos algebraicos consisten en desarrollar unas fórmulas que hagan posible la sustitución de las letras por otras calculadas mediante las ecuaciones algebraicas.



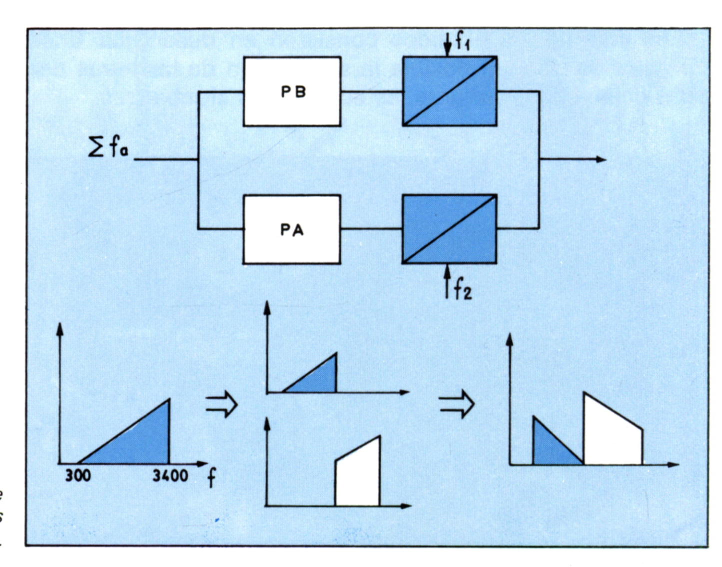
Vehículos de comunicaciones adaptados para trabajar con los sistemas de camuflaje. Obsérvese que emplean técnicas informáticas para realizar su función.

Sistemas secrafónicos militares

Los sistemas de combate militares deben ser diseñados



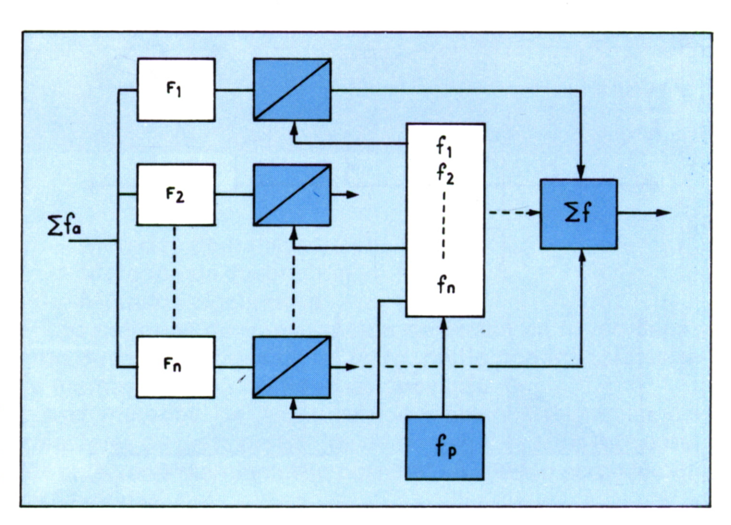
Técnica de inversión de frecuencia utilizada en las comunicaciones.



Sistema de inversión de frecuencia empleando dos portadoras de audio.

pensando en que pueden ser captados o interferidos por el enemigo. Para evitar ambos problemas se han diseñado sistemas que procesan la señal o su portadora.

Los tres métodos más utilizados para la codificación de la palabra son:



Método utilizado en las comunicaciones, consistente en emplear la inversión con división de banda.

— Procesado y transmisión analógicos.

— Conversión analógica digital, seguida de procesado y transmisión digitales.

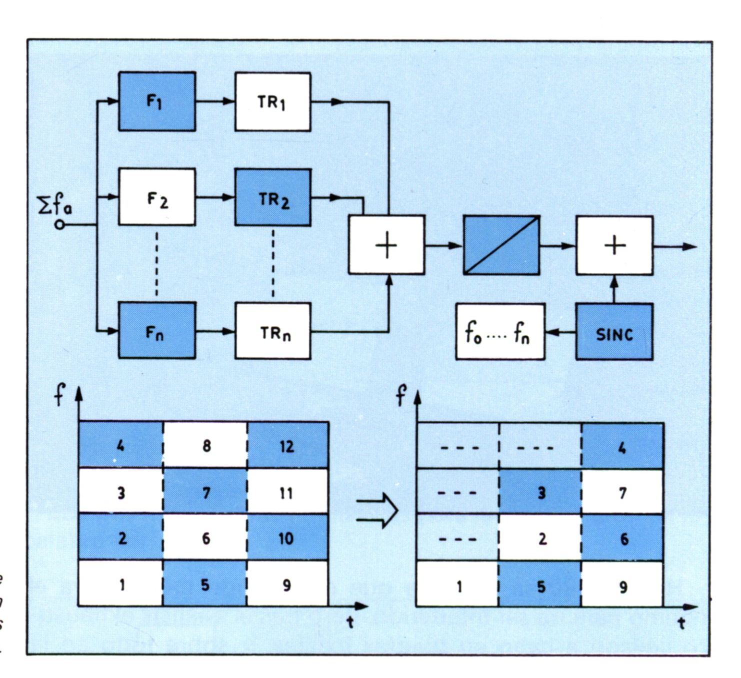
— Conversión analógica digital, seguida de procesado digital, conversión analógica y transmisión analógica.



Las operaciones militares pueden programarse y controlarse mediante un computador ubicado a muchos kilómetros del lugar en donde se desarrolla la acción bélica.

Hasta 1980 se pensaba que el segundo método era el óptimo para no ser interferido, pero tras el análisis exhaustivo llevado a cabo en guerras locales, y sobre todo en la guerra del Vietnam, se ha llegado a la conclusión de que eran fácilmente interferibles, sobre todo haciendo uso de la tecnología del microprocesador para diseñar equipos de criptoanálisis. Hoy en día, se considera que el tercer método es el más seguro, si además se le incluyen protecciones especiales en radiofrecuencia. Una de las técnicas analógicas que se utiliza con más frecuencia es la inversión de frecuencia. Este método consiste en hacer pasar la señal acústica por un modulador equilibrado, de forma que la señal portadora sea en 300 Hz superior a la máxima acústica permitida. El método consiste en invertir cada frecuencia de la señal acústica, transformándola entre la diferencia de la transportadora y la suya propia. Esto es, los sonidos graves pasan a ser agudos y los sonidos agudos pasan a ser graves. Para mejorar aun más la impenetrabilidad basta dividir la

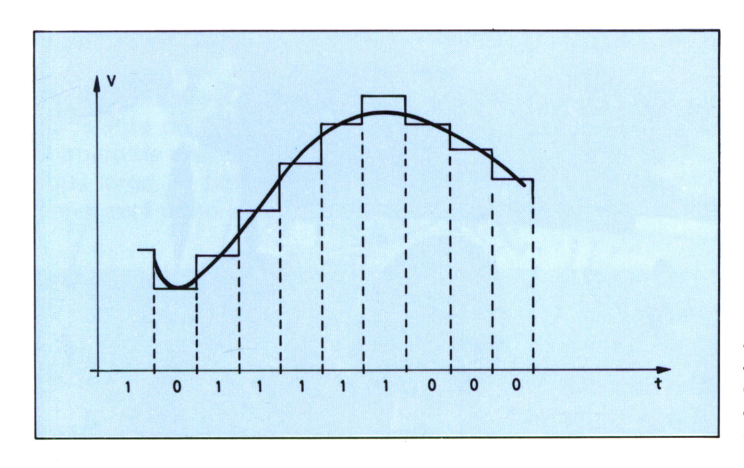
frecuencia acústica en dos o más bandas y utilizar en cada una de ellas una moduladora diferente. Para recuperar la señal original bastará introducir una señal de sincronismo en la señal transmitida.



Sistema de división de bandas de frecuencia con retardo, empleado en las comunicaciones militares.

Otra técnica utilizada es la de división de banda. Esta técnica aplica a cada subbanda una portadora diferente, y permite reagrupar las bandas mediante un código preestablecido. Si además la frecuencia moduladora es aleatoria para cada banda, se produce un agrupamiento aleatorio. Para agravar más la situación se pueden utilizar sistemas de multiplexado.

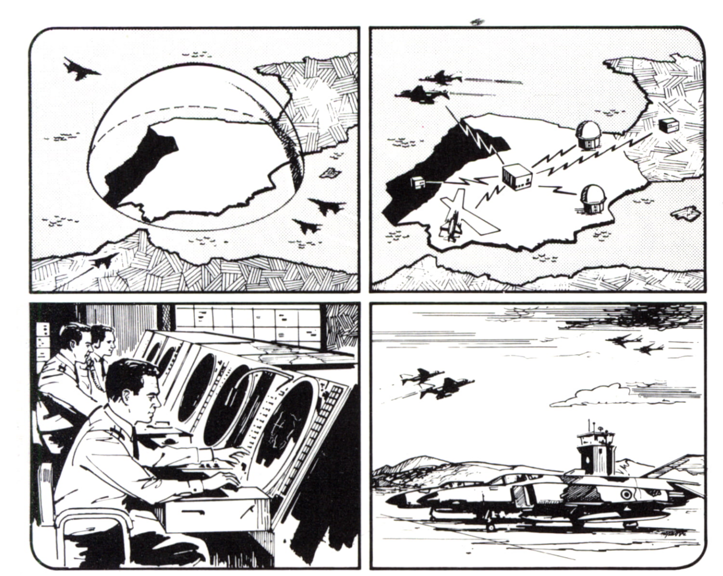
Añadiendo el parámetro tiempo es posible incorporar una nueva variable a la codificación. Cada una de las subbandas anteriores puede ser pasada por un retardador temporal de las señales. La señal así construida y reagrupadas será la suma de las diversas informaciones ocurridas en tiempos diferentes.



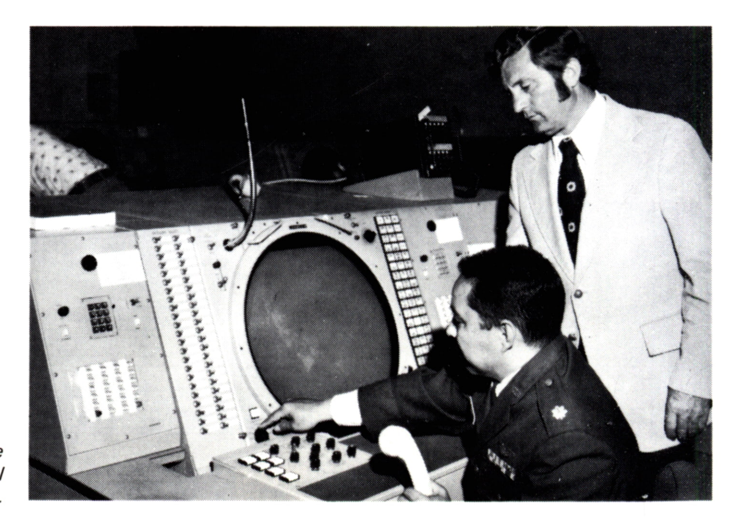
Forma de onda en la que se representa la conversión de una señal analógica en una señal digital.

Las técnicas digitales secrafónicas

Las técnicas digitales secrafónicas se basan en la conversión analógica-digital de la señal analógica portadora de la información. Aunque existen numerosos métodos para la conversión analógica-digital, el método más utilizado, por

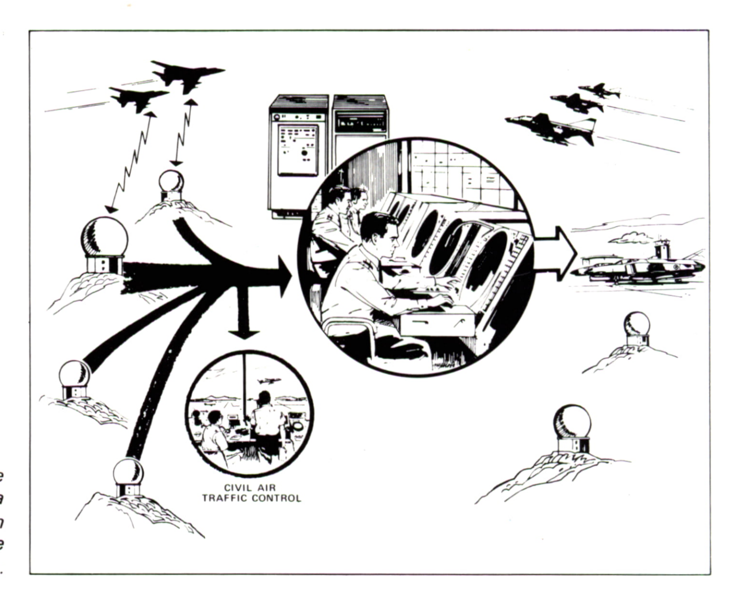


Varios aspectos relacionados con el sistema de defensa SADA.



Una de las pantallas de despliegue de datos del sistema SADA.

adaptarse mejor a la palabra, es el método *modulación en delta*. La forma más común de un modulador delta está constituida por un modulador, un biestable que codifica y un integrador. El biestable está condicionado por la frecuencia



Sistema de adquisición de los datos del sistema SADA, y su canalización hacia los centros de operaciones.

de muestreo, y a su salida se produce una señal en escalera cuya envolvente es la señal original. Lo más importante es la elección de la constante de tiempo del integrador. Una constante de tiempo demasiado corta da lugar a un gran número de escalones y, por tanto, a una información digital muy larga. Si por el contrario es extremadamente larga, la señal será poco inmune a los ruidos y a la interferencia.



Completo centro de control y observación de amplias zonas del territorio canadiense. Aquí se recogen las informaciones procedentes de aviones de reconocimiento, satélites, barcos, etc.

El receptor conoce la regla que se ha aplicado y por tanto decodifica correctamente.

Otra variante de este sistema es el llamado *modulador delta dependiente continuamente variable*, hoy en día muy utilizado.

En este sistema, la constante del integrador varía continuamente según una frecuencia prefijada.

Una vez el sistema está modulado se puede secrafonizar, utilizando un sistema de sustitución que consiste en formar salvas en paralelo de *m* bits, en los que se sustituyen algunos por los bits de la clave establecida previamente.

Para aumentar la impenetrabilidad del código se pueden introducir diversas etapas de permutación entre las de sustitución.

Otra técnica de secrafonizar es la técnica de *adición*, de la cual existen dos tipos básicos: en la primera el tren de cifra es dependiente de la señal codificada, mientras que en la otra, el tren de cifra es aleatorio y normalmente está compuesto por un registro de desplazamiento realimentado.

Los más modernos sistemas utilizan combinadamente las técnicas digitales expuestas y las técnicas de multiplexado, ofreciendo una gran protección frente al análisis por computadora, pero frente a medidas interferentes pierden toda su eficiencia.



Secráfono táctico TFDM que disone de $1{,}8 \times 10^{10}$ claves. (Cortesía: TCC).

EL SADA

El sistema más sofisticado de que España dispone como medida preventiva ante un ataque desde el exterior, es el llamado *Sistema Semi-Automático de Defensa Aérea* (SA-DA).

Un cerebro electrónico recibe datos de los radares situados en las proximidades de las fronteras españolas. Estos están constantemente vigilando el cielo. Los datos proporcionados por el radar son introducidos por los extractores de video (RADEX), que analizan estadísticamente, con la ayuda de una computadora de tiempo real, todos los retornos del radar, separando los rastros reales de los rastros falsos o los ecos confusos. Toda esta información es

enviada al centro de operaciones de combate por una red de microondas. Allí, todos estos datos son reprocesados por el computador central, que los presenta por las pantallas terminales. Debido al enorme volumen de información en este sistema la pantalla puede ser regulada para que muestre solamente la información necesaria para la tarea específica asignada, tal como identificación, interceptación de dirección, coordinación de tráfico aéreo, etc. Además de esto, esta pantalla capacita al operador humano para mantener un diálogo con el sistema y solicitar datos específicos previos a la acción.

Si se decide que existe peligro potencial, el sistema guiará a la nave interceptadora hacia el blanco, haciéndola retornar a su propia base al término de la misión.



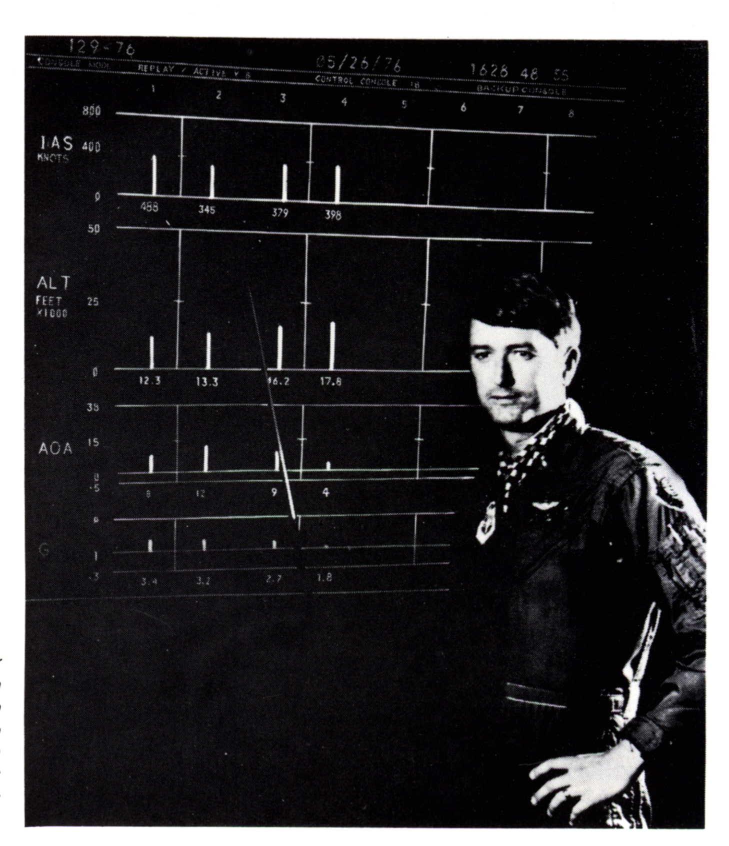
Equipo telefónico portátil, utilizado en operaciones de campaña.

Como añadido colateral, los datos enviados al centro de combate son además enviados al Centro de Control de Tráfico Aéreo Civil Español durante las venticuatro horas del día, lo que permite a estos centros tener un amplio panorama de la situación del tráfico aéreo sobre nuestros cielos.

El sistema proporciona también comunicaciones con el vecino Portugal al oeste y eslabones de datos digitales con Francia al norte, que a cambio extiende sus redes al sistema

de defensa aéreo y cercano a la zona oeste de la OTAN, llamado también NADGE. Este se extiende desde el norte de Noruega a través de toda Europa oeste hasta Turquía.

Este sistema dota a las Fuerzas Aéreas de ojos y oídos a través de nuestras fronteras.



«Batallas por computador». En la fotografía se observa un instructor de la Fuerza Aérea Americana que revisa los datos recogidos electrónicamente por los pilotos de observación.

BATALLAS EN EL COMPUTADOR

Las grandes maniobras militares para la realización de supuestos tácticos son cada vez más onerosas para las naciones. Por ello se pensó en utilizar computadores como instrumentos para formar personal militar «sin moverse de casa».

Uno de los principales problemas con los que se enfrentaron fue la necesidad de tener gran capacidad de memoria, tiempos de respuesta muy rápidos y la posibilidad de encontrarse con alguna situación no esperada.

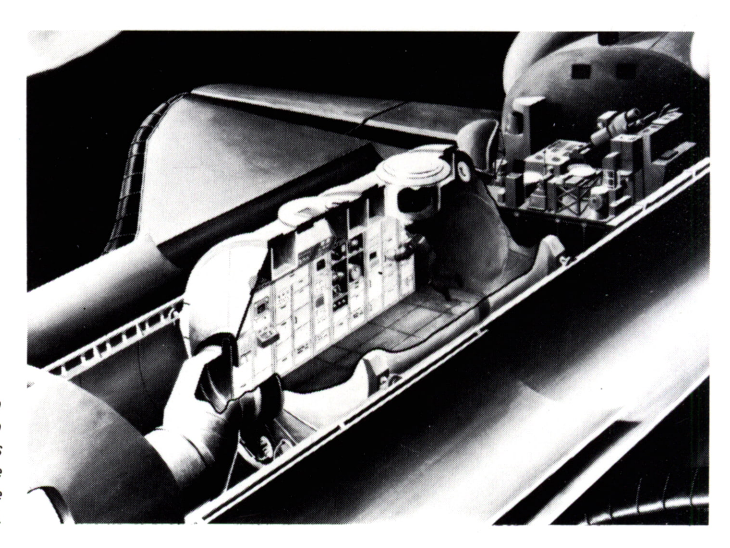
Esto ha logrado superarse con los llamados computadores de la cuarta generación. Estos computadores son capaces de soportar pantallas gráficas que, mediante una simbología adecuada, presentan la situación de aviones, submarinos, barcos, etc., y simultáneamente lo que detectarían los



Los computadores permiten preparar la estrategia de las batallas o maniobras militares, estableciendo la distribución de fuerzas sobre el plano de la zona en donde se desarrolla la acción.

sensores de la unidad a la que pertenece el operador, con ello, el operador puede obtener una apreciación de lo que está ocurriendo a su alrededor en la batalla simulada.

Las opciones que se le presentan al operador son enormes, entre ellas se puede destacar la posibilidad de escoger la situación aérea, de superficie, submarina o combinadas; petición de identificación; petición de coordenadas de un punto dado sobre la pantalla; círculos de alcance de algunos sectores y armas, etc. Para todo ello se debe contar con pantallas interactivas de muy alta resolución y normalmente en color.

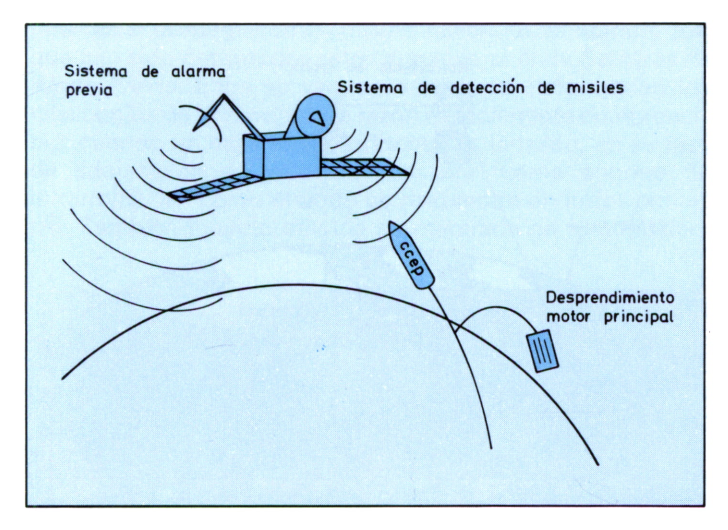


Las naves Discoveri o Columbia ya han realizado algunas misiones militares secretas, de las que obviamente no se dispone de datos precisos.

LA GUERRA DE LAS GALAXIAS

Desde el veintitrés de enero de 1983, se ha acuñado un nuevo término para designar las investigaciones que se desarrollan sobre nuevas armas en Estados Unidos y, casi con toda seguridad, desde la misma fecha en Rusia.

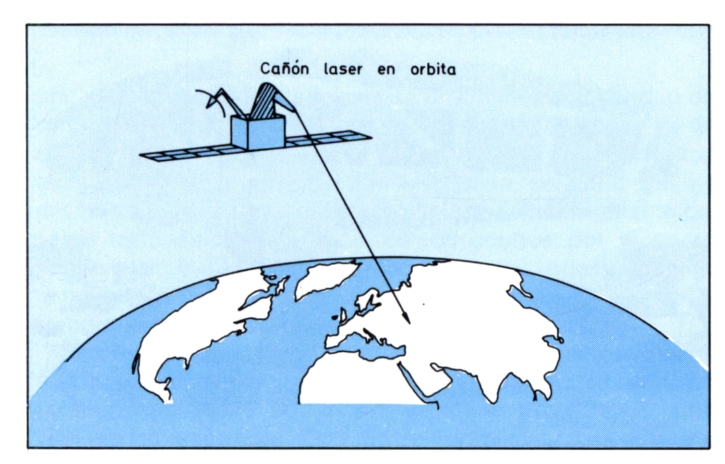
Ese día el presidente de EE.UU. anunció que su país estudiaba la posibilidad de la utilización del espacio exterior cercano a la Tierra con fines militares. Parodiando el título de una película de éxito, este intento se ha denominado corrientemente como *La Guerra de las Galaxias.*



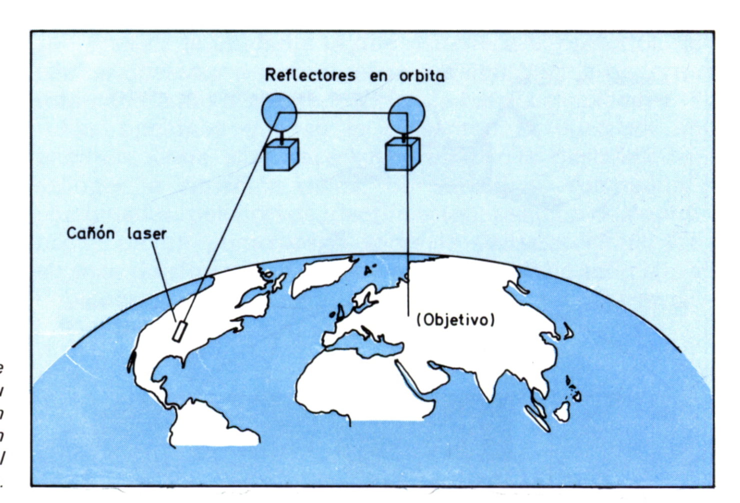
Maqueta en la que se simula la proyección de un misil intercontinental.

El primer paso en la nueva carrera armamentista (en sí mismo vieja como el mundo, pero en este fin específico no) se dio al lanzar al Discovery (transbordador espacial hermano gemelo de la nave Columbia) con una misión secreta y estrictamente militar.

Pero ¿cómo se desarrollaría una hipotética «Guerra de las Galaxias»?, ¿con qué ingenios se contaría?. Con todos los



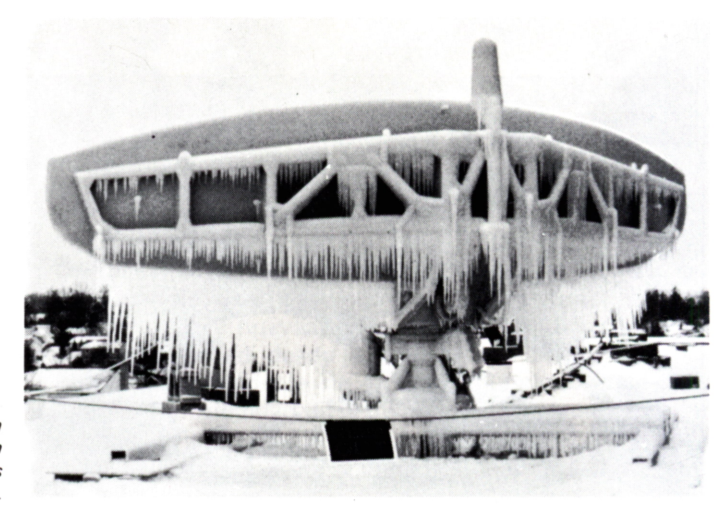
Esquema de actuación correspondiente a un cañón a base de rayos láser, que actúa desde un satélite situado en una órbita controlada.



Envío desde la Tierra de un haz de láser, su posterior reflejo en un espejo situado en un satélite y, finalmente, el alcance del blanco.

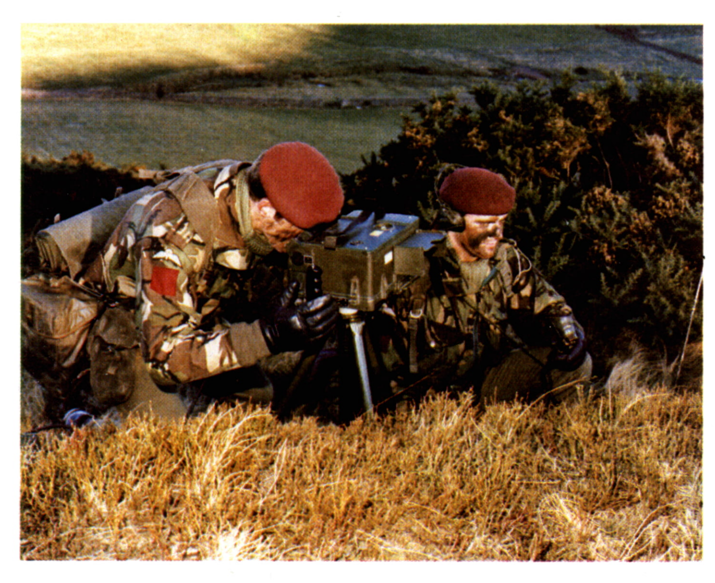
dispositivos que hasta aquí se han contemplado y los avances que suponen, podría hacerse un cuadro bastante aproximado de la, esperamos, lejana realidad.

En primer lugar se tendría que disponer de una red de satélites espías. Estos satélites tendrían la misión de vigilar el territorio enemigo y rastrearlo de forma que pudieran



Los sistemas de vigilancia deben operar con frecuencia en condiciones meteorológicas adversas.

detectar el despegue de los misiles balísticos. El nombre con que han sido designados estos ingenios es el de *Satélites de Alerta Previa*. Entre su variado arsenal se encontrarían los telescopios de infrarrojos. La razón es fácilmente comprensible: cuando un misil intercontinental es lanzado, en su fase de adquisición de velocidad es una fuente enorme de infrarrojos, así como cuando se desprende el motor principal. También cuando efectúa su reentrada en la atmósfera



Los sistemas de observación en las proximidades de la línea de fuego, han de permitir que la operación pueda efectuarse sin excesivo riesgo para las personas; por ello el equipo es cada vez más sofisticado. (Cortesía: Ferranti).

por el rozamiento con la misma se produce gran cantidad de calor. Por ello parece lógico dotar a estos satélites, no ya de sensor de infrarrojos, sino de potentes y sofisticados telescopios de infrarrojos. La aplicación colateral de los mismos se justifica por el estudio de los sistemas galácticos, sobre todo de los lejanos o de los ocultos por el polvo interestelar, como puede ser el centro de nuestra propia galaxia. Con estos dispositivos se han conseguido ya fotografías *térmicas* de nuestro entorno lejano.

Siguiendo con el razonamiento, basta con dos satélites de Alerta Previa para vigilar al enemigo: uno sobre su territorio (o enfocado sobre él), y otro sobre el propio país, que vigilaría las reentradas. Esta red se complementaría con una

serie de estaciones terrenas de seguimiento por radar, capaces de predecir con exactitud la trayectoria que sigue el misil o misiles.



El soldado ha de estar cada vez más preparado en temas de electrónica para estar al día en todos los avances tecnológicos.

Las armas destructoras pueden estar ya en satélites o bien ser lanzadas. Las plataformas espaciales en órbita pueden ser destinadas para misiles lanzados desde la tierra o desde un avión. Estados Unidos cuenta con un pequeño misil (sólo dos mil kilogramos de peso), capaz de ser lanzado desde un avión de combate, que puede alcanzar vehículos espaciales situados en órbitas cercanas (órbitas comprendidas entre cuatrocientos y mil seiscientos kilómetros) con gran precisión, la destrucción se efectúa por impacto directo. Para ello, este pequeño artefacto dispone de una serie de detectores

de infrarrojos y un pequeño computador de cálculo de trayectoria que lo hace poco menos que infalible. Teniendo en cuenta que los satélites de vigilancia (Alerta Previa) de la URSS están situados en órbitas excéntricas de cuarenta mil kilómetros de perigeo y sólo seiscientos de apogeo, se deduce que están al alcance del ingenio americano.

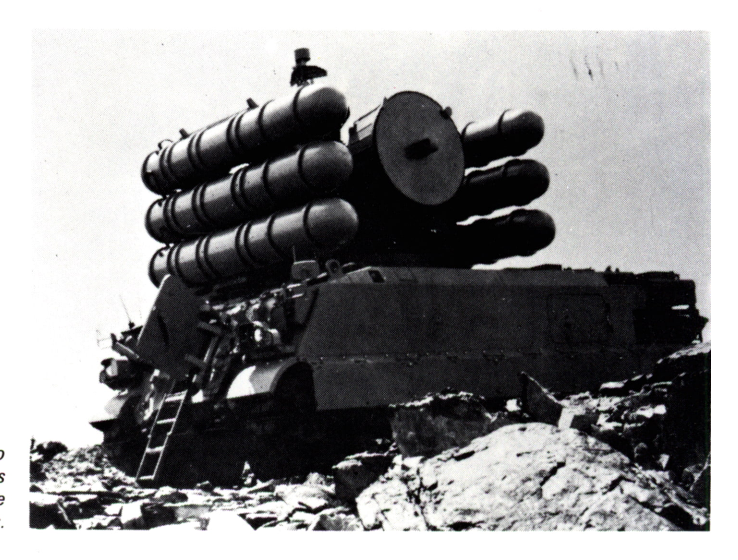


Equipo completo destinado a trabajar como un teleobjetivo de gran alcance.

La Unión Soviética aún no dispone de este tipo de misil, pero no ha descuidado sus interceptores. Ya en 1978 había hecho pruebas sobre la posibilidad de destruir un ingenio orbital. En ese año fueron lanzados dos satélites. En un momento dado uno de ellos pasó a gran velocidad al otro y explotó a pocos metros, pero no logró el objetivo de destruir a su compañero. Desde esa fecha las investigaciones han

continuado, y se cree que son dirigidas a satélites en órbitas comprendidas entre cuatrocientos cincuenta y mil kilómetros.

Rusia dispone de ingenios destructivos. También dispone de otros capaces de destruir por explosión cercana satélites en órbita de hasta cinco mil kilómetros de altura. En el Cosmódromo de Baykomur parece ser que existen dos de estos equipos permanentemente dispuestos para su lanzamiento.



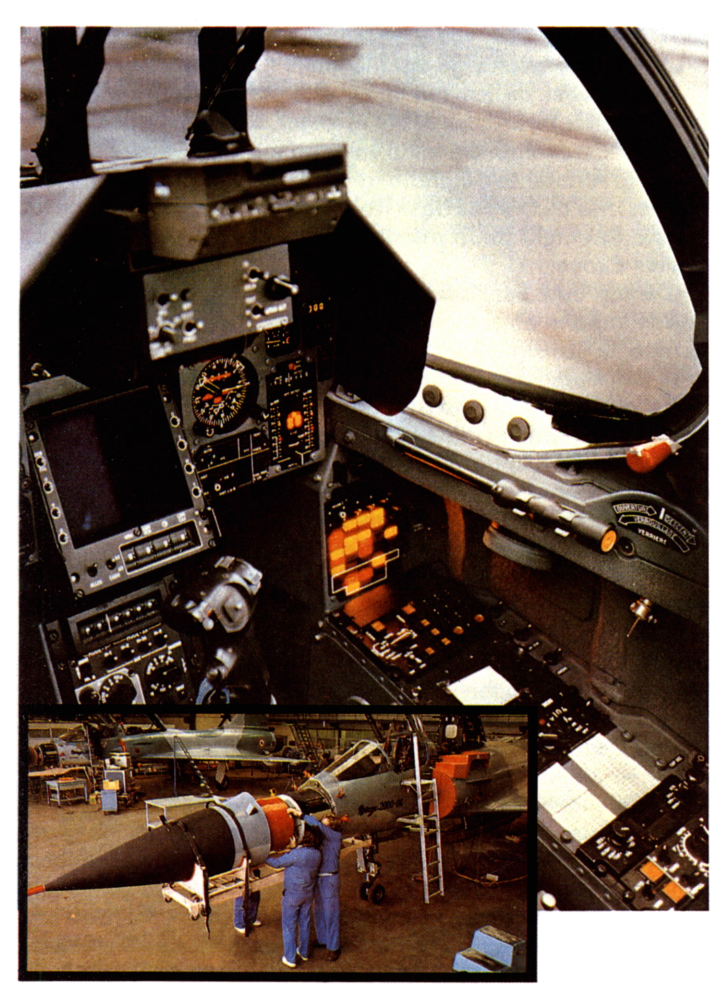
Carro de combate dotado con modernas armas, tales como los lanzadores de cohetes.

Las armas láser son las armas del futuro y por ello están presentes en la *Guerra de las Galaxias*. Hasta ahora el problema del láser era su voluminosidad y la necesidad de gran cantidad de energía para su uso como artefacto destructivo. Además había un efecto lateral pernicioso: cuando el láser pasaba por una turbulencia atmosférica tendía a abrir su haz y, por tanto, a dispersar sus efectos energéticos. Para este último y más negativo defecto se ha encontrado solución en 1984. Se ha descubierto el sistema de evitar la dispersión adaptando el haz a la turbulencia.

Las soluciones desde el aspecto energético son dos. Por un lado, una colección de ingenios espaciales pasivos situados en órbita hacían de «espejos». Dirigiendo un haz

altamente energético desde tierra hacia ellos se podría, mediante reflexión en los mismos, alcanzar los objetivos en el territorio enemigo. La segunda solución estriba en mejorar la tecnología de los generadores, colocar en órbita el generador y el arma láser, y apuntar directamente desde allí.

En el caso de los generadores, la Unión Soviética dispone de uno capaz de dar quince megavatios, el cual no tiene réplica en Occidente.



El radar es un elemento imprescindible para que el avión pueda desplazarse con seguridad y seguir el recorrido de aviones enemigos, así como sortear posibles misiles. (Cortesía: Thomson).

El «último grito» en armas son las de haces de partículas. Estas consisten en la generación de un haz de partículas capaz de atravesar y destruir cualquier ingenio humano. Su principal problema en la actualidad es el rápido efecto degradatorio que ocasiona el campo magnético terrestre sobre el haz.

LA ELECTRONICA MILITAR EN ESPAÑA

La reciente guerra de las Malvinas ha vuelto a confirmar un viejo saber de los militares: el armamento y material a emplear en la batalla ha de ser el mejor, o por lo menos mejor que el del enemigo. De nada valieron los pequeños Pucaras y el viejo Almirante Belgrano frente a los rápidos Harrier o los buques más modernos de la Royal Navy. Aunque tampoco la fragata Sheffield pudo resistir a los disparos certeros de los misiles Exocet.

¿Dónde está este complejo y perfeccionado armamento que se impone en el campo de batalla?, ¿Cómo se produce?, ¿Cómo se consigue?.

Es indudable que los mejores ejércitos del mundo tienen el mejor material y que existe una dura lucha, a la que no es ajena el espionaje industrial, para tratar de conseguir las innovaciones tecnológicas que aplica con éxito el presunto enemigo, o incluso el fiel aliado, el cual guarda celoso sus secretos con fines comerciales o de interés nacional.

Las grandes firmas privadas americanas, alemanas, francesas o inglesas, por citar las más importantes del mundo occidental, amparadas fuertemente por sus gobiernos respectivos a través de los Ministerios de Defensa, disponen de medios de investigación y desarrollo propios o estatales que les permiten incorporar a sus nuevos proyectos las innovaciones tecnológicas que surgen con el desarrollo de la ciencia, muchas veces acuciadas por la necesidad de disponer de un armamento eficaz para hacer frente a la amenaza inminente.

El material moderno, complejo y perfeccionado, de gran fiabilidad y eficacia es caro y los gobiernos gastan grandes sumas de dinero en conseguirlo, aunque muchas veces los precios que se manejan son precios de política comercial, sin responder de forma directa al valor industrial del producto.

Las Fuerzas Armadas españolas tienen que recurrir en

gran medida al exterior para lograr ese material moderno. La industria española dedicada a producir material para la defensa está haciendo grandes esfuerzos en recuperar un tiempo precioso, perdido a causa de la llegada a España del material americano con motivo de los acuerdos bilaterales a partir del año 1953, y se recupera con dificultad, suministrando material convencional a los Ejércitos, apoyada por sus ventas al exterior y arropada por la política de compensaciones industriales de la Dirección General de Armamento y Material.

Dentro de este material moderno pedido y exigido por los militares, está el material electrónico, muchas veces con entidad propia, otras veces formando parte de los Sistemas de Armas. En estrecha relación con ello está la industria española de electrónica profesional, en pleno desarrollo, la cual trata de servir las necesidades militares y hacer frente al reto procedente de los Ejércitos, de exigir lo mejor, lo más eficaz y lo más fiable.

Los ejércitos, que saben de la dificultad de su manejo y de la necesidad de mantener la eficacia de sus equipos electrónicos, han desarrollado sus propios centros de mantenimiento y de formación, en este sentido la Sección de Electrónica de la Academia de Artillería en Fuencarral, la Escuela de Transmisiones y Electricidad de la Armada en Vigo y la Escuela de Transmisiones del Ejército del Aire en Cuatro Vientos, contribuyen de diversa manera a la formación de técnicos capaces de utilizar con éxito el material y mantenerlo operativo.

En estrecha coordinación con ellos, una serie de centros militares como el Taller de Precisión y Centro Electrotécnico de Artillería, el Laboratorio de Ingenieros del Ejército, el Centro de Investigación y Desarrollo de la Armada, y el Instituto Nacional de Técnicas Aerospaciales trabajan en proyectos de electrónica militar, servidos por ingenieros y técnicos competentes.

Como consecuencia de lo anterior se deduce:

1) El logro de la victoria exige, hoy más que nunca, disponer de material y armamento de gran eficacia.
2) Este armamento moderno, caro y delicado, que las Fuerzas Armadas españolas tratan de cuidar y utilizar con el máximo rendimiento, es producido hoy día por las grandes firmas internacionales que poseen o disponen de medios de investigación y desarrollo.

3) La mayor parte de este armamento incorpora conjuntos electrónicos, cuando no es todo el material electrónico, que forman la parte sensible e «inteligente» del propio material.
4) La industria española de electrónica profesional, en pleno desarrollo, debe y puede llegar a suministrar a los ejércitos la mayor parte del material electrónico que necesitan, y para ello se debe establecer una base industrial capaz de asimilar y utilizar las nuevas tecnologías que exige e incorpora este material.

CAMPOS DE INTERES TECNOLOGICO

Teniendo en cuenta los Sistemas de Armas que utilizan misiles, de relevante contenido electrónico, hay que señalar:
1) Los sistemas de detección y telemetría.
2) Los procesos de cálculo y tratamiento de la señal recibida.
3) Las unidades de control y guiado propias del misil.
4) Los equipos de medida y simulación.

Los sistemas de detección optoeléctricos basados en la amplificación del bajo nivel luminoso o en la radiación térmica, eminentemente pasiva, ofrecen indudables ventajas tácticas, ya que permiten utilizar el material en el combate de noche, para el cual se están preparando todos los ejércitos modernos. Por ejemplo, el uso de detectores de silicio para luz solar y de sulfuro de plomo, antimoniuro de indio o Hg Cd Te para radiación infrarroja con igual campo de visión, permitirá discriminar adecuadamente aviones y helicópteros en vuelo.

En lo relacionado con la detección radar, el empleo de tecnologías basadas en ondas milimétricas posee un gran interés.

La TV aumenta las posibilidades de detección óptica al permitir un fácil tratamiento de la señal; el empleo del zoom, el color, la mejora de la sensibilidad, la captación de imágenes poco luminosas y el seguimiento automático son aspectos interesantes.

El sonar, utilizado desde navíos o desde helicópteros, ha avanzado también incorporando las bajas frecuencias, o las bandas remolcadas, o el tratamiento de la información en tiempo real, o las bases conformadas para emisión, adapta-

bles a la superficie del buque.

La telemetría láser completa la medición de alcance de los radares, que han cedido sus exigencias en la precisión de la medida de la distancia en aras de medir otros parámetros de interés. Las tecnologías basadas en el láser de CO_2 presentan indudables ventajas en este campo, debido a la alta energía de emisión que se consigue, de gran importancia en los ingenios espaciales.

Por lo que se refiere a los procesos de cálculo y tratamiento de la señal, la electrónica se está haciendo cada vez más compacta para reducir peso y volumen y hacer los equipos ligeros manejables y fiables. Esto exige que se incorporen circuitos CMOS, LSI, MSI, VLSI y VHSIC, lo cual permite digitalizar el proceso y prescindir en lo posible del tratamiento analógico. La utilización de computadores de propósito general modernos, es algo obligado en el diseño de dirección de tiro y sistemas de autocontrol.

Los equipos balísticos de medidas incluyen sensores de diversos tipos en constante evolución y unos elementos electrónicos adecuados al tratamiento a dar a la información recibida. Los modernos polígonos de tiro para desarrollos de armamento requieren importantes instalaciones de equipos electrónicos y optoelectrónicos, que van desde grandes radares de vigilancia y control del espacio para seguridad de los lanzamientos o disparos, hasta computadores complejos que procesan y analizan la amplia información recogida en los pocos instantes en que se realiza el fenómeno, pasando por sineteodolitos, sistemas de seguimiento, sincronizadores, sistemas de presentación, etc.

Un segundo campo de gran importancia militar es el de las comunicaciones, en el que se puede incluir todo lo referente a telefonía y radio, redes integradas de comunicación, satélites, sistemas de codificación y transmisión de datos, secrafonía y criptografía.

La tendencia actual en las comunicaciones para la defensa es establecer redes estratégicas fijas y redes tácticas móviles. En el futuro estas redes serán digitales e integrarán los servicios de telefonía, telegrafía, facsímil y transmisión de datos. Serán redes de estructura mallada y conmutadas en centrales electrónicas digitales programables.

Los medios de transmisión utilizados en estas redes son todos los disponibles: cables coaxiales, fibra óptica, microondas, HF, VHF y UHF, difusión troposférica, etc. La

elección de uno u otro medio viene determinada en buena parte por exigencias de alcance, movilidad, inmunidad a las contramedidas, cantidad de información a transmitir, etc.

Las exigencias impuestas por la guerra electrónica han llevado a desarrollar sistemas de modulación (spread-spectrum o frequency hopping) a los que no puede afectar de forma decisiva la escucha, la radiogonometría y la perturbación enemigas; por otra parte, los receptores de escucha, con la incorporación de microprocesadores y osciladores locales sintetizados, que les proporcionan elevada estabilidad y gran rapidez de sintonía, realizan misiones de exploración del espectro de frecuencias tanto en HF como en VHF/UHF, que permiten interceptar emisiones de muy corta duración. Además, los modernos sistemas de cifrado digital aleatorio dificultan más y más la puesta en claro de los mensajes interceptados.

Un tercer campo de enorme interés y de marcada actualidad es el correspondiente a la guerra electrónica. Aquí, los equipos que se proyectan tiene un alto porcentaje de elementos electrónicos y en ellos es fundamental su peso, versatilidad y adaptabilidad a las diferentes posibilidades de material que se trata de interferir.

Un cuarto campo, para un futuro inmediato, es el de los satélites que, independientemente de utilizarse para las comunicaciones, son elementos importantes para la guerra espacial no por lo que se refiere a la conquista del espacio, sino porque son plataformas de observación del planeta terrestre, centros de perturbación electrónica, puntos de lanzamientos de ingenios y medios de interceptación de misiles intercontinentales.

Algunas firmas americanas están desarrollando ya elementos a montar sobre estos satélites, independientemente de las armas o equipos militares que en ellos se instalan, y la investigación va dirigida a obtener componentes ópticos y electrónicos resistentes a la radiación láser, que incluyen lentes, espejos, captadores de energía solar y circuitos lógicos.

Y otras están ya pensando en las armas contrasatélite provistas de cabezas buscadoras, capaces de llegar y destruir el satélite hostil.

Finalmente y bajo un criterio amplio, se pueden incluir todos aquellos equipos electrónicos auxiliares que son necesarios para el funcionamiento de los sistemas primarios,

